

LAS PRUEBAS DE DIGESTIBILIDAD EN LA EVALUACIÓN DE NUEVOS RECURSOS ALIMENTARIOS PARA CERDOS

Ly, J.¹ y Lemus, C.²

RESUMEN

Continuamente en todas partes, se renueva el interés por la introducción de nuevos insumos alimentarios en la práctica de la ganadería porcina. Mientras en algunas organizaciones se optan por la cría intensiva e industrial de cerdos, los que piensan solamente en el mercado se inclinan por ganar en eficiencia en el uso de los alimentos existentes, en otras entidades menos articuladas o con menos capacidad de maniobra, o con una concepción diferente de lo que es la cría intensiva, se aboga por lograr la subsistencia de la crianza, en forma extensiva y amigable, con preservación de genofondos diversos, y en definitiva, realmente sostenible. Ambas opciones requieren de la evaluación de los alimentos para cerdos de una manera u otra, pero siempre utilizando las pruebas de digestibilidad como una herramienta indispensable. Sin embargo, a veces no se conoce bien como manipular esta herramienta. En este texto se ofrecen algunas ideas de uso práctico surgidas de años de trabajo en el escenario de la fisiología digestiva en cerdos.

PALABRAS CLAVE: cerdos, evaluación de alimentos, digestibilidad.

SUMMARY

DIGESTIBILITY TESTING IN THE EVALUATION OF NEW FEED RESOURCES FOR PIGS

A renewal of interest for introducing new feed inputs in pig production is continuous everywhere. Whereas in some organizations adopting intensive, industrial pig husbandry, the inclination is toward gain in efficiency through changes of all type in existing feedstuffs, going from genetic manipulation to manipulation of feed through an industrial process in factories, even taking into account the climate of environment, in other entities less organized or even with a different idea concerning intensive pig husbandry, subsistence of pig production is claimed through an extensive and friendly way, taking into account the preservation of diverse pig genofonds, to be in turn sustainable as a goal. Both options require of feed evaluation in any way, but by using always digestibility trials as indispensable tool, which often, is not well known how to use it. This paper provides some ideas of practical use arising after years of work in the scenario of physiology of digestion in pigs.

KEY WORDS: pig, feed evaluation, digestibility.

INTRODUCCIÓN

Continuamente en todas partes, se renueva el interés por la introducción de nuevos insumos alimentarios en la práctica de la ganadería porcina. Mientras en las organizaciones que optan por la cría intensiva, industrial de cerdos, la inclinación es por ganar en eficiencia en el uso de los alimentos existentes, mediante cambios de todo tipo, que van desde la manipulación genética hasta la modificación en fábrica de los alimentos, pasando por aprovechamiento de las ventajas y desventajas del clima, en otras entidades menos articuladas o con

menos capacidad de maniobra, o con una concepción diferente de lo que es la cría intensiva, se aboga por lograr la subsistencia de la crianza, en forma extensiva y amigable, con preservación de genofondos diversos, y en definitiva, realmente sostenible.

Dentro de esta escala de variantes para la producción de cerdos, uno de los aspectos que se renueva constantemente, es el "descubrimiento" de nuevos alimentos existentes, no necesariamente obtenidos por la vía biotecnológica, sino que se han destinado a la alimentación de otros animales en su forma actual, se han desestimado, o tal vez aún ignorados.

¹ Instituto de Investigaciones Porcinas Carretera del Guatao km 1, Punta Brava. La Habana, Cuba. E-mail: julioly@utafoundation.org

² Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura "Amado Nervo" Tepic, Nayarit, México. E-mail: clemus@nayar.uan.mx

En el trópico, existen alimentos característicos, particularmente de origen vegetal, debido a que se originan en plantas propias de esas latitudes (por ejemplo: Devendra y Fuller 1979; Eusebio 1979; Holness 1991; Pérez 1997). En este sentido, el uso de la melaza de la caña de azúcar pudiera ser descrito como un ejemplo de "redescubrimiento" como fuente de energía para la alimentación de cerdos, cuando los investigadores cubanos retomaron en los años 70 del pasado siglo, los estudios iniciales hechos en Hawai y en Louisiana mucho tiempo antes (Figuerola y Ly 1990).

Otro ejemplo de lo que pudiera hacerse no convencionalmente con alimentos que pudieran ser destinados a cerdos, consistiría en usar nuevas concepciones para éstos, el amaranto (*Amaranthus* spp) y el fruto del aguacate (*Persea americana* Mills), se emplearán como fuentes de aminoácidos y ácidos grasos en la crianza tradicional de cerdos en condiciones mexicanas de producción porcina en el medio familiar (Grageola *et al.*, 2007). De hecho, un monto considerable del fruto del aguacate, muy rico en lípidos, se desecha por no ser apto para el mercado local o internacional con vistas a la alimentación humana, y así, en comunidades rurales mexicanas se da a los cerdos, que lo aceptan y consumen sin hacer ningún rechazo del mismo. En este caso, habría que fijar los índices productivos del ganado en estas circunstancias, y explorar las alternativas nutricionales más adecuadas para usar aguacates en cría de cerdos, por ejemplo con vistas a obtener productos cárnicos o grasas características o con ventajas desde el punto de vista bioquímico.

En lo que sigue, se hace una descripción somera sobre el procedimiento que generalmente se acepta para la evaluación de nuevos recursos alimentarios para el ganado porcino mediante las pruebas de digestibilidad (Ly 2007a,b).

METODOLOGÍA "AD HOC"

Lo que ha procedido como paso inicial en un contexto particular, ha sido el establecer el inventario de recursos localmente disponibles, lo que implicaría conocer la disponibilidad en distintos sitios y momentos del año de los productos susceptibles de ser usados en la alimentación animal, y en particular de cerdos. En estos casos, es muy útil saber las cantidades que pudieran utilizarse, para saber que niveles en la dieta y a cuántos animales, o en cual de sus estados fisiológicos pudieran ser utilizados convenientemente. Igualmente es importante establecer en un segundo momento, una estrategia de conservación de los recursos alimentarios en función de los volúmenes de acopio y su disponibilidad temporal. El tercer paso sería conocer el grado de aceptación que tendría este recurso por parte de los cerdos al ser utilizado como comida, en dependencia de sus condiciones de acopio, almacenamiento, o procesamiento.

A estas temáticas se han dedicado en mayor o menor grado muchos de los documentos publicados hasta el presente, incluyendo una valoración de los pro y los contra de los recursos alimentarios, particularmente los tropicales (Devendra y Fuller 1979; Eusebio 1979; Holness 1991; Pérez 1997), pero poco se ha hecho en diseminar la transferencia de la tecnología de como hacer la evaluación nutritiva de esos alimentos, y más aún los detalles que pueden conducir al fracaso o al éxito de tal práctica, muchas veces hechas fuera del país o por investigadores en ningún modo autóctonos. Aún en laboratorios situados más allá del trópico de Capricornio o de Cáncer (Pond y Maner 1974; Whittemore 1987).

Por otra parte, muchas veces se "descubren" en el campo, formas y hábitos de uso de productos desconocidos en las aulas y los laboratorios, que tienen como garantía de viabilidad, la práctica de su uso cotidiano en una forma determinada. En este caso, mucho tiene que ver el ojo foráneo, que tiene la habilidad de encontrar los contrastes entre lo potencialmente útil y lo que no lo es, por experiencias conocidas en otras condiciones.

DIGESTIÓN Y DIGESTIBILIDAD

Por digestión puede entenderse todo proceso de transformación que sufren los alimentos en el tracto gastrointestinal desde su aprehensión e ingestión hasta la defecación o expresión de los residuos de alimentos que no han sido aprovechados por el animal. En el caso del cerdo, por ser un animal omnívoro, la digestión puede abarcar un conjunto de procesos que se corresponden con la acción de enzimas propias del animal y también por la de microorganismos que el animal hospeda, esencialmente en el intestino grueso, y que pueden actuar sobre un sinnúmero de componentes dietéticos de naturaleza muy variada. La digestibilidad es el índice que cuantifica globalmente estos procesos y se suele expresar comúnmente como porcentaje:

$$\text{Digestibilidad, \%} = (\text{consumo} - \text{excreción fecal}) / \text{consumo} \times 100$$

Esta forma es aplicable a cualquier nutriente, como un aminoácido en particular, o a un conjunto de compuestos agrupados en los términos del esquema analítico de Weende, como es bien conocido, fibra cruda, proteína bruta (en definitiva, N x 6.25), entre otros. Igualmente, esta fórmula es válida para el contenido calorífico de la comida, o lo que es igual, su energía. Es obvio que todos los términos de la parte derecha de la ecuación deben estar expresados en la misma unidad de medida, generalmente los correspondientes a la forma científica de notación, y la energía en particular, en joules.

En la práctica lo que generalmente se denomina digestibilidad es en realidad una digestibilidad aparente, puesto que no tiene en cuenta las secreciones endógenas y las transforma-

ciones que tienen lugar durante la digestión y que pueden ser excretados por vía fecal. Es muy difícil aún experimentalmente, poder delimitar cuál es la digestibilidad verdadera y particular, por lo que se acepta indistintamente el término de digestibilidad aparente al de digestibilidad.

TIPOS DE DIGESTIBILIDAD

La digestibilidad de un alimento puede expresarse como la digestibilidad del mismo en base seca, y también como la digestibilidad en sus principios nutritivos. Estos últimos a pesar de los criterios surgidos acerca de su impresión en términos químicos o bioquímicos, siguen aceptándose como los de mayor utilidad práctica, y se corresponden con el esquema analítico de Weende, es decir, ceniza, materia orgánica (materia seca menos ceniza), proteína cruda (Nx6,25), extracto etéreo o grasa cruda, fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, que se asume incluye el almidón y otros azúcares solubles. A estos principios nutritivos se suele agregar el de la energía bruta. Lo anterior no excluye la posibilidad de determinar otras fracciones o nutrientes presentes en el alimento en cuestión, que pueden contribuir a profundizar en el conocimiento de su potencial nutricional, como el contenido de pared celular, la lignina, los aminoácidos y otros. Los indicadores de digestibilidad de mayor interés son la digestibilidad del N, que está estrechamente relacionada con la proteína, y la digestibilidad de la materia orgánica, que está fuertemente correlacionada con la de la energía.

Actualmente, existe una tendencia a tener en cuenta la digestibilidad en función del sitio anatómico del tracto gastrointestinal donde se efectúa las mediciones en el animal: la digestibilidad boca-recto o total. Esta digestibilidad también suele denominarse digestibilidad fecal o rectal. El otro tipo de digestibilidad, es la digestibilidad boca-íleon o prececal. Con la primera se mide la desaparición del alimento en el tracto gastrointestinal y comprende las llamadas digestión enzimática (hasta el íleon) y la microbiana o que tiene lugar en el intestino grueso. Se ha encontrado que la primera de ambas, o digestibilidad total está correlacionada en cuanto a la materia orgánica y la energía con los rasgos de comportamiento, mientras que la digestibilidad ileal de la proteína está correlacionada con estos mismos rasgos de comportamiento.

FORMAS DE MEDICIÓN DE LA DIGESTIBILIDAD

Las formas de medir digestibilidad en ganado porcino, como en cualquier otra especie animal, pueden dividirse en aquellas que se hacen *in vivo*, o sea, con la participación de los animales, y las denominadas *in vitro*, que simulan la digestión en condiciones de laboratorio, sin el concurso de los cerdos. La así llamada digestibilidad *in situ*, o *in sacco*, pudiera conside-

rarse una forma mixta de medir la digestibilidad, mediante etapas de laboratorio y otras donde participan animales preparados quirúrgicamente. Este último procedimiento suele llamarse técnica de la bolsa de nailon móvil, puesto que el alimento se predigiere en bolsas selladas simulando la digestión gástrica en el laboratorio, después se introduce en el animal por una cánula duodenal, y se recoge mezclada con el material fecal.

DIGESTIBILIDAD *IN VIVO*

En condiciones *in vivo*, existen dos métodos para medir la digestibilidad de un alimento, el método directo y el método indirecto. Ambos métodos se basan esencialmente en el principio de conservación de la materia y de la energía. Por otra parte, los dos métodos poseen ventajas y desventajas. En el método directo se registra exactamente el consumo de alimento y la excreción fecal de un animal sometido a un tratamiento dietético dado, en un período que generalmente no es menor de 5 días consecutivos, después de un período de adaptación que generalmente no es menor de una semana. La adaptación se considera que es el acostumbramiento de los animales a un nivel y a una frecuencia de consumo constante, en un ambiente idóneo. El ambiente se refiere a las condiciones de clima y de alojamiento. Igualmente, los animales deben estar habituados al personal que los cuida y manipula, que debe ser siempre el mismo, y que debe poseer habilidades para el trato de animales confinados, con independencia de sus conocimientos técnicos.

Para efectuar este tipo de trabajo se requiere el alojamiento individual de los cerdos en las llamadas cajas de digestibilidad o jaulas de metabolismo (Ly 2007a,b). Estas jaulas deben poseer las características siguientes:

- Estarán diseñadas para recoger cuantitativamente y por separados todas las excretas y orinas.
- El comedero se diseñará de forma que el cerdo consuma el alimento sin desperdiciarlo, y que de existir residuos pueden recogerse sin pérdidas.
- Poseerá mecanismos apropiados para adaptar la jaula al tamaño del animal de forma tal que este no tenga posibilidad de voltearse, introducir parte del cuerpo en el comedero, o defecar u orinar fuera de los lugares apropiados.
- La jaula deberá ser de fácil limpieza y desinfección.

El personal que se dedique a la manipulación de los animales debe ajustarse estrictamente a la rutina descrita en el protocolo experimental, pero debe saber solucionar situaciones imprevistas, pero a veces inevitables, tal como inapetencia repentina de uno o varios animales, contaminación de las excretas, por la mezcla accidental de material fecal con la orina, pérdida de alimento por despilfarro hecho por los animales con el hocico o las patas en el comedero, prolapsos rectales, entre otros.

Una de las ventajas más notorias del método directo de medir la digestibilidad en las jaulas de metabolismo, es que permite obtener la orina si se desea, lo que posibilita el cálculo de la retención fundamentalmente de nitrógeno y energía. Una de las desventajas más importantes tal vez sea el hecho de que hay que disponer de una instalación destinada particularmente para esta actividad. Por otra parte, el alimento se brinda en forma restringida a los cerdos, generalmente al 10% del peso metabólico o a veces algo menos, lo que puede implicar que los índices digestivos se favorezcan debido a que estos pueden elevarse al disminuir el nivel de consumo.

En el método indirecto para medir la digestibilidad, no se requiere cuantificar ni el consumo ni la excreción fecal puesto que en este método se utiliza un marcador que puede añadirse al alimento o que está incluido dentro de él en forma natural. En este caso el cálculo de la digestibilidad, que también se basa en el principio de conservación de la materia, se modifica un tanto con referencia a la forma de cálculo de la digestibilidad por el método directo:

$$\text{digestibilidad de MS, \%} = \frac{\text{ND-NE}}{\text{ND}} \times 100$$

ND = Nutrientes dietarios (BS)

NE = Nutrientes excretados (BS)

- El marcador de digestibilidad deberá poseer una serie de características para ser utilizado.
- Debe ser inerte, es decir, no debe sufrir ninguna transformación a su paso por el tracto gastrointestinal del animal.
- Debe ser inocuo, o lo que es lo mismo no influir en la salud del animal, ni en el proceso de digestión.
- Debe transitar por el tracto gastrointestinal a la misma velocidad que el alimento que marca.
- Su determinación química deberá ser cuantitativa.

No existe un marcador que pueda reunir todas las condiciones que se exigen idealmente. Desde un punto de vista histórico, se han ensayado distintos tipos de marcadores externos, que han ido desde la inclusión en el alimento de una cantidad dada de esferas de vidrio de pequeño diámetro, a recuperar mediante el uso de una criba en las excretas, hasta compuestos radiactivos, como el óxido de titanio o de yterbio, entre otros, y que puedan marcar tanto la fase soluble como la insoluble de la digesta. En la práctica suelen utilizarse en los experimentos de digestibilidad con cerdos, el óxido crómico, como el más común de los marcadores externos desde mediados del siglo xx, y la ceniza ácido insoluble como la más usual de los marcadores internos, la cual se ha popularizado en el último cuarto del mismo siglo. El recuperar el 100% del marcador externo añadido en el alimento no se ha logrado en la práctica, y ello es aparentemente una de las mayores desventajas en el empleo del método indirecto de medida de la digestibilidad en el cerdo, y en otras especies animales. Sin embargo, medir la

digestibilidad por el método indirecto permite que sea practicada en los animales que estén sujetos a pruebas de comportamiento, lo que hace más realistas los resultados experimentales, al conjugar rasgos de comportamiento de interés económico con los índices digestivos, al menos de digestibilidad rectal. Como es bien conocido, en los experimentos hechos en jaulas de metabolismo, el consumo suele ser restringido, y esto es uno de los factores que más repercute en el valor de digestibilidad, puesto que consumo y digestibilidad de alimentos suelen estar inversamente relacionados.

Por otra parte, para medir la digestibilidad por el método indirecto no es necesario tener alojados a los cerdos en jaulas individuales, ni aún aislados en corrales. En este caso, los animales pueden ser criados en condiciones al aire libre.

Ambos métodos de digestibilidad de nutrientes, el directo y el indirecto, se han comparado al emplear la evaluación de alimentos con las mismas condiciones experimentales, y generalmente se ha encontrado que están fuertemente correlacionados de una forma directa. Aún así, cuando se han hallado diferencias en algún caso particular, como la digestibilidad dada de un nutriente, o en algún ingrediente alimentario, se ha podido establecer una interdependencia entre ambos, igualmente confiable.

DIGESTIBILIDAD *IN VITRO*

Los métodos *in vitro* para medir la digestibilidad en cerdos son aquellos que simulan esencialmente la digestibilidad prececal o ileal, que se corresponde con la digestibilidad *in vivo*, enzimática, que ocurre en el estómago y el intestino delgado de los animales, y la fecal, que abarca todos los procesos digestivos que tienen lugar en el cerdo, o sea, la digestión enzimática y la microbiana, esencialmente radicada en el intestino grueso. En la digestibilidad *in vitro* prececal o ileal, se lleva a cabo en dos pasos, uno inicial con pepsina disuelta en ácido clorhídrico, remediando lo que ocurre en el estómago de los cerdos, y un segundo paso, en la que se suele emplear pancreatina, o extracto seco del páncreas porcino, disuelto en una solución amortiguadora de fosfato (Ly 2007).

En la digestibilidad fecal, se incluye un tercer paso, donde se suele usar un cóctel de enzimas degradadoras de pared celular vegetal, o bien un extracto de heces de cerdos, y en este caso, se prefiere realizarlo mediante una incubación anaerobia, para remedar lo que ocurre en ciego y colon.

Todos los procedimientos *in vitro*, incluidos aquellos que implican el medir la digestibilidad *in situ*, han sido correlacionados convenientemente con las formas *in vivo* de medir la digestibilidad, y en este caso, también se ha hallado una buena correspondencia entre los mismos, desde el punto de vista de la confiabilidad estadística.

CONCLUSIONES

En el estado del conocimiento a que se ha llegado en la temática de nutrición animal, es posible utilizar distintas formas y modos de evaluar alimentos mediante el estudio de su aprovechamiento digestivo. El escoger el método adecuado para medir la digestibilidad, depende en gran medida de las posibilidades de llevarlo a cabo con éxito, aunque generalmente se signa por el apoyo financiero para ejecutar este tipo de trabajo experimental.

Cuando se revisa el volumen de literatura científica y técnica que diariamente se hace disponible para el lector, se puede comprobar fácilmente que en materia de nutrición porcina, el evaluar alimentos de cualquier tipo por medio de medidas de digestibilidad sigue siendo una forma de conocimiento que tiene repercusiones tanto teóricas como prácticas. Es considerable la distancia que se ha recorrido en la segunda mitad del siglo xx en cuanto al impulso de la fisiología nutricional en ganado porcino, que apoya toda la práctica de la evaluación de alimentos, y tal vez, ya se estén dando las condiciones para un salto cualitativo en esta disciplina, tal vez mediante una alianza estratégica con los nuevos procedimientos que se usan para el mejoramiento genético de los cerdos. Mientras esto ocurre, es bueno saber cada vez más como medir el valor nutritivo de los recursos alimentarios para el ganado porcino.

BIBLIOGRAFÍA

- Devendra, C. y Fuller, M.F. 1979. *Pig Production in the Tropics*. Oxford University Press. Oxford, pp.
- Eusebio, J.A. 1980. *Pig Production in the Tropics*. Longman. Harlow, pp.
- Figueroa, V. y Ly, J. 1990. Alimentación Porcina no Convencional. Colección Geplacea, serie Diversificación. México, Distrito Federal, pp 215.
- Grageola, F.; Lemus, C. y Ly, J. 2007. Uso del aguacate en la alimentación de cerdos Pelón Mexicano. In: Proyecto de tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, pp 23.
- Holness, D.H. 1991. *Pigs*. Serie The Tropical Agriculturalist. MacMillan Education Limited. London, pp 150.
- Ly, J. 2007a. Fisiología Digestiva del Cerdo (J. Ly y C. Lemus, editores). Universidad Autónoma de Nayarit. Tepic, pp 136.
- Ly, J. 2007b. Evaluación de nuevos recursos alimentarios para ganado porcino. La vía del "cómo hacer". In: IX Encuentro de Nutrición y Producción de Animales Monogástricos. Montevideo, pp 10.
- Pérez, R. 1997. *Feeding Pigs in the Tropics*. FAO Animal Production and Health Paper No. 132. Roma, pp 185.
- Pond, W.G. y Maner, J.H. 1974. *Swine Production in Temperate and Tropical Environments*. W.H. Freeman and Company. San Francisco, pp.
- Whittemore, C.T. 1987. *Elements of Pig Science*. Longman. Harlow.